

**С.М. САВИЦКИЙ** аспирант НТУ “ХПИ” (г. Харьков)  
**О.Н. ЕВСЕЕНКО**, магистр НТУ “ХПИ” (г. Харьков)  
**В.О. ВЫСКРЕБЕНЦЕВ**, студент НТУ “ХПИ” (г. Харьков)

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМИ ОБЪЕКТАМИ**

Побудовані математичні моделі та структурні схеми систем програмного управління з упередженням як для об'єктів з зосередженими параметрами, так і для об'єктів з розподіленими параметрами, які мають властивості лінійного об'єкту з самовирівнюванням. Моделі мають представлення у вигляді рекурентної формули, де враховується перехідні процеси у тепловому об'єкті за допомогою масиву коефіцієнтів відповідності.

**Ключові слова:** розподілені параметри, зосереджені параметри, проорокуючий фільтр.

The mathematical model of the system of programmatic management is built for thermal objects which are characteristics of linear object with smoothing. A model knows as a recurrent formula, where transients are taken into account in a thermal object by the array of coefficients of accordance. A model is built for objects with a few sensors and a few sources of heat.

**Keywords:** distributed parameters, focus parameters, predicting filter.

**Введение.** Непрерывный рост цен на энергоносители делает все более актуальным внедрение современных принципов и алгоритмов управления, методов моделирования и информационных технологий в процесс распределения тепловой энергии в жилых и офисных зданиях и сооружениях. Необходимость резкого повышения энергоэффективности систем теплоснабжения заставляет отказаться от простой термостабилизации в помещениях в пользу гибких законов изменения температуры в зависимости от времени суток, дня недели, суточного прогноза погоды, наличия в помещении людей и ряда других факторов.

**Анализ литературы.** Большая инерционность тепловых процессов исключает возможность применения классических законов управления, что привело к переходу к системам с предсказанием [1,2,3]. В работах [4,5] описаны методы управления точечными инерционными объектами с предсказанием.

**Цель исследований.** Заключается в поиске оптимального метода управления объектами с распределёнными параметрами с целью сокращения энергозатрат.

**Результаты исследований.** В общем случае для управления температурным полем необходимо использовать распределенный по поверхности исследуемого объекта нагреватель. Однако, большая инерционность объекта позволяет без потери точности регулирования заменить распределенный нагреватель набором дискретных нагревателей. Поскольку контролировать (измерять) температурное поле во всех его точках физически невозможно, поэтому измерение температурного поля производится в нескольких точках пространства, а температура в

промежуточных точках при необходимости определяется путем интерполирования.

Исследование статической модели аудитории позволяет определить зоны с минимальной и максимальной температурами, зону с наибольшим градиентом температур. Важным моментом, влияющим на результаты моделирования процесса управления, является выбор точек размещения датчиков температуры, для которого реализуется программа изменения температуры. Именно в этих точках необходимо снимать разгонные характеристики, описанную в работе [4].

Для проведения натурального эксперимента была собрана экспериментальная установка на базе микроконтроллера ATMegal6, что позволило снять разгонные кривые, определить зоны чистого запаздывания, рассчитать математическое ожидание и дисперсию.

Эксперимент показал, что достаточно сложно выдержать одинаковые начальные условия, так как изменение температуры окружающей среды, конвективная составляющая, постоянно изменяющийся коэффициент теплообмена существенно влияют на экспериментальные данные. Также исследуя тепловой объект в натурном виде температура объекта выходит на установившийся режим в течении 40 минут, а также необходимо около 1 часа, чтобы вернуть исследуемый объект в начальные условия.

Компьютерное моделирование в пакете Ansys и SolidWorks показало, что подобная модель обрабатывается около 10-20 минут, в зависимости от варьирования разбиения на конечные элементы.

**Выводы.** Несмотря на отдельные недостатки в методе и модели, результаты эксперимента позволяют сделать вывод о перспективности предложенных решений для внедрения в народное хозяйство.

Научная новизна. Приведены формулы, описывающие процесс управления инерционным объектом. Выведены формулы, описывающие программное регулирование с предсказанием инерционным объектом для системы с несколькими датчиками и одним исполнительным устройством при подаче на него управляющего воздействия в виде ШИМ сигнала.

Практическая ценность работы заключается в том, что рассмотренная математическая модель достаточно точно описывает процесс управления с предсказанием. На основе математической модели разработана структурная схема и алгоритм функционирования системы управления с предсказывающим фильтром.

**Список литературы:** 1. А.Г. Бутковский. Методы управления системами с распределенными параметрами. М. Наука. Главн. ред. физ-мат. лит-ры. 1975.- 568 с.2. Бутковский А.Г. Характеристики систем с распределенными параметрами: Справ. Пособие. – М.: Наука, 1979. – 224 с. 3. Ивахненко А. Г., Лапа В.Г. Предсказание случайных процессов. – Киев, Наукова думка, - 1971 – 415 с. 4. Савицкий С.М. Методы программного регулирования инерционных тепловых объектов с предсказывающим фильтром/ Савицкий С.М., Гапон А.И. // Вісник НТУУ «КПІ», приладобудування. – 2011. – № 42. – С. 127-138. 5. Гапон А.И. Математическая модель предсказывающего фильтра для системы управления тепловыми объектами/ Гапон А.И., Рудакова Н.А., Савицкий С.М., Коркин А.М. // Вісник НТУ «ХПІ». – 2010. – № 20. – С. 27-33.